پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوم ۱۳۹۸، صفحهٔ ۱۱۸-۱۰۴
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 104-118 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.69397

واکنش رشد رویشی و زایشی گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) به کاربرد هیومیک‌اسید در آب آبیاری تحت تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت

فرناز احمدی نورالدین‌وند[1]*، محمدرضا مرادی تلاوت[2]، سید عطاءاله سیادت[2] و علی مشتطی[2]
۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۲- به‌ترتیب، دانشیار، استاد و استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
(به‌ترتیب moraditelavat@yahoo.com، seyedatasiadat@yahoo.com و alimoshatati@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۷

چکیده

به‌منظور بررسی رشد رویشی و زایشی گوار یا لوبیای خوشه‌ای در واکنش به کاربرد هیومیک‌اسید در تراکم‌های مختلف کاشت، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خُردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی خوزستان در تابستان۱۳۹۵ اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل چهار سطح هیومیک‌اسید (شامل صفر، پنج، ۱۰ و ۱۵کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های اصلی و چهار تراکم مختلف (شامل ۳۵، ۵۵، ۷۵ و ۹۵بوته در مترمربع) در کرت‌های فرعی بودند. نتایج نشان داد که اثرات اصلی هیومیک‌اسید و تراکم کاشت بر صفات ارتفاع‌بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد برگ در مترمربع، تعداد غلاف و دانه در مترمربع، عملکرد دانه و ماده خشک (عملکرد بیولوژیک) معنی‌دار بود، به‌طوری‌که با افزایش هیومیک‌اسید، صفات نامبرده افزایش یافتند. همچنین، با افزایش تراکم، اکثر صفات به‌جُز تعداد شاخه‌های فرعی افزایش یافت. اثر متقابل فاکتورها بر صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و تعداد غلاف در مترمربع در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود. به‌طورکلی، بیشترین عملکرد دانه (۴۲۰۹/۷کیلوگرم در هکتار) و ماده خشک (۱۷۹۵۵/۶کیلوگرم در هکتار) از مصرف ۱۵کیلوگرم در هکتار هیومیک‌اسید و تراکم ۹۵بوته در مترمربع و کمترین عملکرد دانه (۱۴۳۳/۲کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۴۸۱۲/۶کیلوگرم در هکتار) از عدم مصرف هیومیک‌اسید و تراکم ۳۵بوته در مترمربع به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع‌بوته، ریخت‌شناسی، عملکرد، کود آلی، ماده خشک

مقدمه

گوار (لوبیای خوشه‌ای) با نام علمی *Cyamopsis tetragonoloba* L. گیاهی از خانواده بقولات است. این گیاه تابستانه و نورپسند بوده و تحمل بالایی نسبت به خشکی دارد و آب و هوای گرم را ترجیح می‌دهد. دمای مطلوب برای جوانه زنی این گیاه ۲۵ تا ۳۰درجه سانتی‌گراد است. ریشه گوار مانند سایر گیاهان خانواده بقولات باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن دارد که نیتروژن خاک را افزایش می‌دهد (Ghulam Nabi, 2013). گیاه گوار برای نخستین‌بار در هندوستان کشت شده است. تحمل بالای این گیاه در برابر شرایط سخت جوی نظیر کم‌آبی، زمین‌های سنگی و نور شدید آفتاب سبب شده است که در سال۱۹۰۳ میلادی توسط هند وارد ایالات متحده آمریکا شود و در اوایل دهه۱۹۵۰ میلادی در تگزاس و اوکلاهما جهت بهره‌برداری تجاری، حجم وسیعی از زمین‌های این مناطق را جهت کشت گوار اختصاص دهند، درحالی‌که در سودان از سال۱۹۳۰ میلادی مورد کشت‌وکار قرار گرفت. امروزه تولید عمده این گیاه در کشورهای هند، پاکستان و آمریکا صورت می‌گیرد (Pitia Lokose, 2011). این گیاه در طول دوره رشد به آبیاری واکنش مثبت نشان می‌دهد، اما باران بیش از حد و یا رطوبت پس از رسیدگی باعث سیاه و چروکیده‌شدن دانه‌ها و بنابراین کاهش کیفیت آن‌ها می‌شود (Gresta *et al*., 2013). در کشورهای هند و پاکستان کشت این گیاه به‌صورت دیم بوده و بیان شده که سه مرتبه آبیاری برای رشد گوار کافی است، به‌طوری‌که در پاکستان با این مقدار آبیاری ۱۳۷۲کیلوگرم درهکتار عملکرد دانه به‌دست آمده است (Akhtar *et al*., 2012). همچنین گزارش شده که اگر کشت به‌صورت آبیاری کامل باشد و بیش از سه مرتبه صورت گیرد، عملکرد دانه حدود ۴۲۴۰/۸کیلوگرم در هکتار به‌دست می‌آید (Soleymani, 2014). غلاف‌های این گیاه روی ساقه اصلی و شاخه‌های جانبی توزیع شده و در هر غلاف ۵ تا ۱۲دانه قرار دارد. دانه این گیاه یک آندوسپرم بزرگ شامل صمغ

* نویسنده مسئول: farnaz_ahmadi@rocketmail.com

گالاکتومانان[1] دارد که در آب به شکل ژل درمی‌آید. این ماده معمولاً به‌عنوان صمغ گوار شناخته شده است (Ghulam Nabi, 2013). از صمغ این گیاه در محصولاتی مانند لبنیات (بستنی، پنیر، ماست و غیره)، نوشیدنی‌ها، چاشنی‌ها (سس گوجه‌فرنگی و سس مایونز) و نیز در تولید نان استفاده می‌شود. در حال حاضر بین ۳۰-۲۵درصد از کل تولید این گیاه نیز مصرف خوراکی دارد (Singh, 2014).

استفاده مداوم از کودهای شیمیایی، به‌علت اسیدی‌شدن خاک، افت خصوصیات مطلوب فیزیکی و شیمیایی خاک و عدم وجود عناصر کم‌مصرف در ترکیب کودهای پُرمصرف، پایداری عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد (Adediran *et al.*, 2004). به عبارتی، با مصرف روزافزون کودهای شیمیایی و عدم برگشت بقایای گیاهی به خاک و حتی سوزاندن آن‌ها، سالیانه مقدار ماده آلی ناچیز خاک‌های ایران کاهش می‌یابد و خاک به کلوخ‌هایی غیرقابل‌نفوذ و غیرقابل‌برگشت درمی‌آید. در چنین شرایطی استفاده از شیوه‌های مدیریتی متناسب با شرایط اقلیمی منطقه می‌تواند در جلوگیری از کاهش محصول و افت ویژگی‌های خاک مؤثر باشد (Samavat & Malakouti, 2005). هیومیک‌اسید یک ترکیب پلیمری طبیعی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به‌وجود می‌آید که می‌توانند جهت افزایش رشد و عملکرد گیاهان استفاده شود (Nardi *et al.*, 2002). هیومیک‌اسید به‌دلیل کلات‌کردن عناصر ضروری، باروری خاک و جذب عناصر سبب افزایش تولید در گیاهان زراعی می‌شود. از طرف دیگر کاربرد هیومیک‌اسید سبب بهبود کلروز گیاه می‌شود که دلیل این امر، احتمالاً ناشی از توانایی هیومیک‌اسید در نگهداری آهن خاک به‌فرم قابل‌جذب برای گیاه باشد. در واقع این پدیده می‌تواند در خاک‌های قلیایی و آهکی مؤثر باشد که معمولاً دارای کمبود آهن قابل‌جذب و مواد آلی است (Rahi *et al.*, 2012).

بررسی کاربرد هیومیک‌اسید در آب آبیاری بر ذرت (*Zea mays* L.) نشان داد که اثر هیومیک‌اسید بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در ردیف و طول بلال مثبت و معنی‌دار بود ولی تأثیر آن بر وزن۱۰۰۰دانه و تعداد ردیف معنی‌دار نبود (Ghorbani *et al.*, 2010). گزارش شده است که محلول‌پاشی هیومیک‌اسید در مرحله رویشی بیشترین اثر را بر ارتفاع نهایی و تعداد شاخه جانبی نخود (*Cicer arietinum* L.) داشت (Armin & Moslehi, 2012). در آزمایش دیگری که در مشهد روی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) انجام شد، نتایج نشان داد که کاربرد هیومیک‌اسید باعث افزایش ۱۵درصدی وزن دانه دربوته و افزایش ۱۶درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد (Jahan *et al.*, 2014). در گیاهان خانواده بقولات مانند سویا کاربرد هیومیک‌اسید سبب افزایش وزن گره‌ها شد، به‌طوری‌که اندازه گره‌ها بیشتر از عدم کاربرد هیومیک‌اسید بود، اما تعداد گره‌ها با افزایش هیومیک‌اسید رابطه عکس داشت (Dandge *et al.*, 2016). محققان در مطالعه اثر سه سطح محلول‌پاشی هیومیک‌اسید (یک، سه و شش لیتر در هکتار) و عناصر کم‌مصرف در گیاه روغنی سیاه دانه (*Guizotia abyssiniaca* L.) مشاهده کردند که بیشترین ارتفاع‌بوته (۸۲/۱۳سانتی‌متر) در تیمار شش لیتر در هکتار هیومیک‌اسید و کمترین ارتفاع‌بوته (۷۲/۲۸سانتی‌متر) در تیمار شاهد به‌دست آمد (Tadayyon & Beheshti, 2016).

یکی از عوامل مهم در کشت گیاه، تعیین مناسب‌ترین تراکم کاشت است. به‌نحوی‌که تراکم کاشت مطلوب گیاهان در واحد سطح زمین موجب تأمین فضای تغذیه‌ای مناسب تک‌بوته و ایجاد تعادل در رقابت بین‌بوته‌ها و دستیابی به حداکثر عملکرد می‌گردد (Moradi Telavat & Siadat, 2012). تراکم گیاهی از جمله عواملی است که بر خصوصیات مورفولوژیک گیاه اثر دارد. نتایج بررسی‌های محققان بر روی چهار تراکم کاشت گوار (شامل فواصل ۱۵×۴۵، ۱۰×۴۵، ۱۵×۳۰ و ۱۰×۳۰سانتی‌متر) نشان داد که تراکم ۱۰×۳۰سانتی‌متر باعث افزایش ارتفاع‌بوته، تعداد شاخه و تعداد برگ در مقایسه با سایر تراکم‌ها گردید (Nandini *et al.*, 2017). همچنین نشان داده شده است که بیشترین ارتفاع‌بوته (۲۰۹سانتی‌متر) و شاخه‌های فرعی گوار (۲/۱۱) در فاصله ردیف‌های ۶۰سانتی‌متری نسبت به فاصله ردیف‌های ۳۰ و ۴۵سانتی‌متری به‌دست آمد (Akhtar *et al.*, 2012). نتایج بررسی‌های محققان روی عدس (*Lens culinaris* L.) نشان داده است که با افزایش تراکم گیاه (۳۲۰بوته در مترمربع) ارتفاع ساقه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه عدس نیز افزایش یافت، اما از تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف دربوته و شاخص برداشت عدس نیز کاسته شد (Majnoon Hosseini *et al.*, 2011). بررسی‌ها بر روی لوبیاقرمز نشان داد که افزایش فاصله بین دوبوته باعث افزایش تعداد شاخه‌های فرعی، طول شاخه‌های فرعی و تعداد گره بر روی شاخه‌های فرعی شد، درصورتی‌که طول شاخه اصلی و تعداد گره در شاخه اصلی تحت تأثیر فاصله بین دوبوته قرار نگرفت (Torabi Jafroudi *et al.*, 2007).

[1] Galactomannans

به‌طورکلی، تعیین مناسب‌ترین تراکم کاشت در کشت یک محصول جدید در هر منطقه در برنامه‌ریزی‌های زراعی برای به‌دست‌آوردن عملکرد بالا اهمیت ویژه‌ای دارد. همچنین استفاده از کودهای آلی در راستای کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست می‌تواند مؤثر واقع شود. بنابراین، هدف کلی از انجام این آزمایش بررسی رشد رویشی و زایشی گوار در واکنش به کاربرد هیومیک‌اسید در آب آبیاری تحت تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت تحت شرایط آب و هوایی خوزستان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی رشد رویشی و زایشی گوار (لوبیای خوشه‌ای) در واکنش به کاربرد هیومیک‌اسید در تراکم های مختلف کاشت، در تابستان سال۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در ۳۶کیلومتری شمال‌شرقی اهواز (شهر ملاثانی) و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با عرض جغرافیایی ۳۱درجه و ۳۶دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸درجه و ۵۳دقیقه و ارتفاع ۳۴متری از سطح دریا اجرا شد (جدول ۱). نتایج آزمون خاک محل آزمایش در قبل از کاشت در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- میانگین ماهانه دما و رطوبت نسبی اهواز در تابستان۱۳۹۵

Table 1. Monthly mean of temperature and relative humidity of Ahwaz in summer of 2016

ماه **Month**	میانگین حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) **Temperature max mean (˚C)**	میانگین حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) **Temperature min mean (˚C)**	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد) **Temperature mean (˚C)**	میانگین رطوبت نسبی (درصد) **Relative humidity mean (%)**
خرداد June	42.3	26.4	34.4	23
تیر July	47.4	30.7	39.4	25
مرداد August	47.4	29.9	38.6	30
شهریور September	45.0	27.4	36.2	27
مهر October	38.0	20.0	29.1	29
آبان November	31.6	15.5	23.6	44
میانگین Mean	41.9	24.9	33.4	29.6

جدول۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Physico-chemical properties of the soil in experimental site

عمق خاک (سانتی‌متر) **Soil depth (cm)**	اسیدیته **pH**	هدایت الکتریکی **EC (dS.m^{-1})**	درصد ماده آلی **O.M (%)**	فسفر **P (mg.Kg^{-1})**	پتاسیم **K (mg.Kg^{-1})**	درصد نیتروژن **N (%)**	بافت خاک **Soil texture**
0-30	8.49	1.5	0.32	1.70	214	0.06	Silty-clay

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خُردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل چهار سطح هیومیک‌اسید (صفر (شاهد)، پنج، ۱۰ و ۱۵کیلوگرم در هکتار) (Farjami & Nabavi Kalat, 2014) در کرت های اصلی و چهار تراکم بوته (۳۵، ۵۵، ۷۵ و ۹۵بوته در مترمربع) معادل فاصله روی ردیف کاشت به ترتیب ۱۲، ۸، ۶ و ۴سانتی‌متر در کرت های فرعی بودند. اسید هیومیک گرانوله با خلوص ۸۵درصد از منبع Humaster Top (جدول۳) از شرکت گلسنگ یزد تهیه گردید.

جدول۳- نتایج آزمون کود آلی اسید هیومیک

Table 3. Results of humic acid fertilizer test

روی **Ze** **(mg/Kg)**	آهن **Fe** **(mg/Kg)**	فسفر **P** **(%)**	نیتروژن **N** **(%)**	پتاسیم **K** **(%)**	خاکستر کل **Ash** **(%)**	رطوبت **Humidity** **(%)**	اسید هیومیک **HA** **(%)**
200	20000	1	1	7	1	3-4	85

آبیاری قبل از عملیات آماده‌سازی زمین در اردیبهشت سال۱۳۹۵ انجام شد. بعد از رسیدن رطوبت به حد ظرفیت مزرعه‌ای، عملیات شخم انجام شد و جهت خردکردن کامل کلوخه‌ها و تسطیح اولیه سطح زمین، دو مرحله دیسک در جهت عمود بر هم انجام شد. بعد از دیسک اول کود پایه مورد نیاز گیاه شامل ۱۰۰کیلوگرم فسفات آمونیوم مصرف شد که همزمان تأمین‌کننده نیاز گیاه به حدود ۲۰کیلوگرم نیتروژن (Jagtap *et al.*, 2011) به عنوان استارتر بود. سپس به‌وسیله دیسک دوم با خاک مخلوط شدند. بذر استفاده‌شده در این آزمایش واریته بومی پاکستان بود که از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی ایرانشهر تهیه گردید. کاشت به‌صورت جوی و پشته و در هفته اول تیر ماه انجام گردید. محل کاشت بذرها روی داغاب و عمق کاشت بذرها چهار سانتی‌متر بود. آبیاری اول بلافاصله بعد از کشت انجام شد. دو آبیاری بعدی به فاصله سه روز از هم انجام گردید، اما بعد از استقرار گیاه، آبیاری بر اساس نیاز گیاه و شرایط آب و هوایی هفته‌ای یک‌بار صورت گرفت. تنک‌کردن و تنظیم فاصله بوته‌ها براساس تراکم بوته موردنظر در مرحله سه تا چهاربرگی انجام شد. وجین علف‌های‌هرز به صورت دستی و در طی دوره رویشی انجام گرفت. در این آزمایش با توجه به این‌که آفت و بیماری در طول دوره رویشی مشاهده نگردید، بنابراین هیچ‌گونه مبارزه شیمیایی صورت نگرفت. برداشت در زمان زردشدن غلاف‌های گیاه و در دهه آخر مهرماه با داس صورت گرفت. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل تعداد برگ در مترمربع، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه و غلاف در مترمربع، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، عملکرد دانه و ماده خشک بود. در مرحله گل‌دهی تعداد پنج‌بوته در هر کرت از خطوط نمونه‌برداری به صورت تصادفی انتخاب و تعداد برگ‌ها شمارش شدند. همچنین در انتهای فصل رشد، تعداد پنج‌بوته در هر کرت از خطوط نمونه‌برداری به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های گیاه نیز اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه بر حسب رطوبت ۱۰درصد برای تراکم‌های مختلف محاسبه گردید. همچنین به‌منظور تعیین عملکرد ماده خشک با درنظرگرفتن نیم‌متر از بالا و پایین به‌عنوان حاشیه‌بوته‌ها برداشت شدند و وزن تر آن‌ها بلافاصله پس از انتقال به آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. جهت تعیین‌درصد رطوبت‌بوته‌ها به هنگام برداشت به منظور محاسبه عملکرد ماده خشک در هکتار پنج‌بوته از کل‌بوته‌های برداشت‌شده جدا شد و سپس در دمای ۷۵درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ساعت در آون قرار گرفتند. سپس بر مبنای درصد رطوبت پنج‌بوته عملکرد ماده خشک در هکتار محاسبه گردید. عملکرد دانه بر حسب رطوبت ۱۰درصد برای تراکم‌های مختلف محاسبه گردید. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه در واحد سطح بر عملکرد ماده خشک در واحد سطح که بر حسب‌درصد بیان می‌شود، محاسبه گردید.

تجزیه آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و تجزیه رگرسیون با استفاده از نرم‌افزار تجزیه آماری (SAS 9.4) انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد انجام و جهت تجزیه رگرسیون و رسم نمودارها از نرم‌افزارExcel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع‌بوته

نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک نشان داد که اثر سطوح هیومیک اسید و تراکم بر ارتفاع بوته در سطح یک‌درصد معنی‌دار شد، همچنین اثر متقابل فاکتورها بر این صفت معنی دار بود (جدول ۴). نتیجه برش‌دهی اثر متقابل تیمارها بر ارتفاع بوته نشان داد که در همه سطوح کودی، تفاوت معنی‌داری در سطح یک‌درصد بین تراکم‌های مختلف وجود داشت (جدول ۵). همچنین نمودار اثر متقابل تراکم کاشت و اسید هیومیک بر ارتفاع بوته (شکل ۱) نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۴۰/۸۳سانتی‌متر) در سطح ۱۵کیلوگرم در هکتار هیومیک-اسید و تراکم ۹۵بوته در مترمربع به‌دست آمد؛ درصورتی‌که کمترین ارتفاع بوته (۹۶/۵۳ سانتی‌متر) از تراکم ۳۵بوته در مترمربع و عدم مصرف هیومیک‌اسید مشاهده شد. به‌طورکلی افزایش سطوح هیومیک‌اسید و همچنین تراکم بالای کاشت سبب افزایش ارتفاع گیاه شد. در خصوص افزایش ارتفاع بوته با مصرف هیومیک‌اسید می‌توان بیان کرد که این کود از طریق اثر هورمونی، با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود (Ouda & Mahadeen, 2008). همچنین روند صعودی ارتفاع گیاه با افزایش تراکم‌بوته در واحد سطح می‌تواند به‌دلیل افزایش رقابت گیاهان برای جذب نور باشد. همچنین با افزایش تراکم در واحد سطح، به‌دلیل سایه‌اندازی گیاه طول میانگره‌های ساقه زیاد شده و در نتیجه ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد. در ارتباط با این موضوع، بیان شده است که افزایش ارتفاع گیاه در تراکم‌های بالا را می‌توان ناشی از کاهش نفوذ نور در سایه‌انداز، کاهش فتواکسیداسیون اکسین و رقابت شدید گیاهان برای دریافت نور بیشتر دانست (Al-Ramamneh, 2009). نتایج آزمایش حاضر با نتایج Amiri (2015) همخوانی داشت.

جدول۴- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر صفات مورفولوژیک گوار

Table 4. Analysis of variance of experimental factors effect on morphological traits of guar

منابع تغییر **S.O.V**	درجه آزادی **DF**	میانگین مربعات **Mean Squares**		
		ارتفاع بوته **Plant height**	تعداد شاخه **Number of branch**	تعداد برگ **Number of leaf**
Replication تکرار	2	71.23	8.68	4597262.72
Humic Acid (HA) هیومیک‌اسید	3	557.007**	6.97**	10944820.94**
Error (a) اشتباه اصلی	6	61.13	0.28	560393.7
Density (D) تراکم	3	780.69**	10.26**	44268663.1**
HA×D هیومیک‌اسید×تراکم	9	81.58**	0.19ns	974892.7ns
Error (b) اشتباه فرعی	24	25.01	0.22	980294.7
C.V (%) ضریب تغییرات	-	4.48	18.44	17.85

ns، * و **: به ترتیب بیانگر غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵درصد و ۱درصد

ns, * and **: Indicating non-significant and significant at 5% and 1% level, respectively

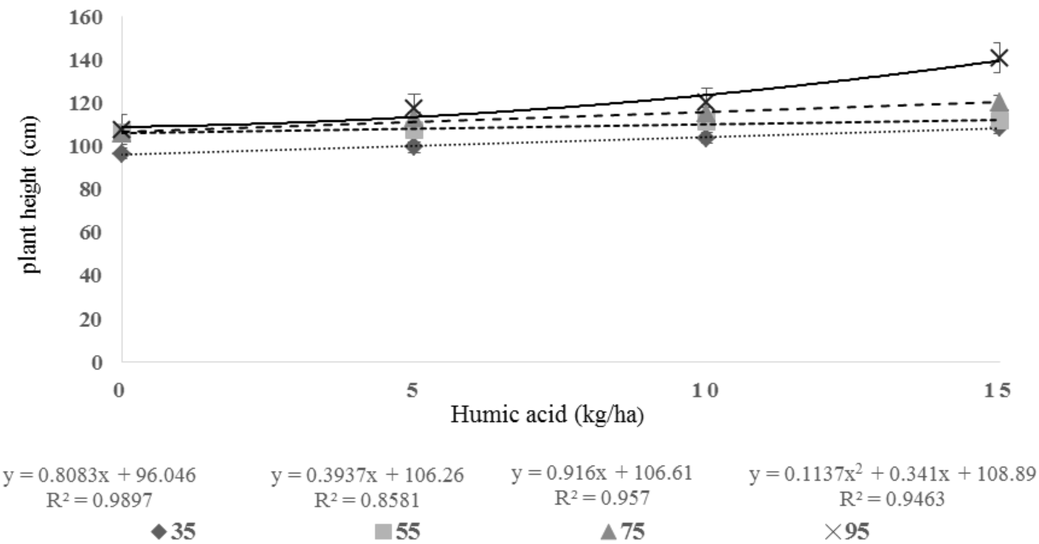
جدول۵- برش‌دهی اثر متقابل تراکم بوته و اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه

Table 5. Slicing of interaction effect of plant density×humic acid on plant height

اسید هیومیک (کیلوگرم در هکتار) **Humic acid (kg/ha)**	درجه آزادی **DF**	مجموع مربعات **Sum of squares**
0	3	0.934**
5	3	1.115**
10	3	3.664**
15	3	4.849**

**: بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۱درصد

**: Indicting significant difference at 1% level



شکل۱- اثر متقابل سطوح هیومیک‌اسید و تراکم بوته بر ارتفاع گیاه

Fig. 1. Interaction effect of humic acid levels and plant density on plant height

تعداد شاخه فرعی در گیاه

مطابق نتایج به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها تعداد شاخه در گیاه تحت تأثیر معنی‌دار (در سطح یک‌درصد) سطوح هیومیک‌اسید و تراکم بوته قرار گرفت، ولی اثر متقابل فاکتورها بر این صفت معنی‌دار نبود که این نشان‌دهنده اثر یکنواخت تراکم بر تعداد شاخه فرعی در همه سطوح هیومیک اسید بود (جدول ۴). مصرف هیومیک‌اسید در تیمار ۱۵کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی‌دار تعداد شاخه‌های فرعی گیاه شد که این مقدار با سایر سطوح کودی اختلاف معنی‌داری داشت. همچنین با افزایش تراکم، تعداد شاخه‌های فرعی گیاه کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط به تراکم ۳۵بوته در مترمربع با میانگین ۳/۷۸عدد به‌دست آمد که با سایر تراکم‌ها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۶). به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی به دلیل تأمین مواد غذایی برای گیاه، بهبود بستر رشد و افزایش رشد رویشی گیاه می‌تواند سبب افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه شود. همچنین با کاهش تراکم (افزایش فاصله بین‌بوته)، به‌دلیل افزایش دسترسی به نور خورشید و کاهش رقابت بین‌بوته‌ها جهت دستیابی به منابع غذایی، امکان رشد بیشتر برای هر بوته فراهم گردید و در نتیجه تعداد شاخه فرعی افزایش یافت. نتایج یک پژوهش روی سه سطح تراکم (۶۵، ۸۰ و ۹۵بوته در مترمربع) کلزا (*Brasica napus* L.) نشان داد که با افزایش تراکم، تعداد شاخه فرعی کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی به ترتیب در تراکم‌های ۶۵ و ۹۵بوته در مترمربع به‌دست آمد (Shojaee Ghadicollaei *et al*., 2011). نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با مطالعه (Jamali *et al*., 2015) نیز مطابقت دارد.

جدول۶- مقایسه میانگین اثر عوامل آزمایشی بر صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گوار

Table 6. Mean comparison of experimental factors effect on morphological traits and yield components of guar

هیومیک‌اسید (کیلوگرم در هکتار) Humic acid (kg.ha^{-1})	تعداد شاخه Number of branch	تعداد برگ در مترمربع Number of leaf per m^2	تعداد دانه در مترمربع Grain number per m^2
0	1.67^d	4208^d	14005^c
5	2.33^c	5519.1^c	16455^{bc}
10	2.88^b	6158^b	18863^{ab}
15	3.46^a	6301.5^a	19044^a
تراکم (بوته در مترمربع) Density (plant.m^{-2})			
35	3.78^a	3575.1^d	10919.3^b
55	2.77^b	4770.6^c	12164.8^b
75	2.17^c	5736.4^b	22924^a
95	1.62^d	8104.4^a	22359.5^a

در هر ستون هر عامل میانگین‌هایی که حرف مشابه دارند، براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column and each factor that have similar letter are not significantly different at the 5% of probability level-using Duncan Multiple Range Test.

تعداد برگ در مترمربع

نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف هیومیک‌اسید و تراکم کاشت بر تعداد برگ در مترمربع معنی‌دار (در سطح یک‌درصد) شد (جدول ۴). با افزایش تراکم، تعداد برگ در واحد سطح نیز افزایش یافت، به‌طوری‌که با افزایش تراکم تا ۹۵بوته در مترمربع روند صعودی در افزایش تعداد برگ در مترمربع مشاهده شد؛ در صورتی‌که در تراکم ۳۵بوته کمترین تعداد برگ در مترمربع مشاهده گردید. مصرف هیومیک‌اسید نیز بر تعداد برگ در مترمربع تأثیر معنی‌داری داشت، به‌گونه‌ای‌که بیشترین و کمترین تعداد برگ در واحد سطح با میانگین‌های ۶۳۰۱/۵ و ۴۲۰۸ به ترتیب با مصرف ۱۵کیلوگرم و عدم مصرف هیومیک‌اسید به‌دست آمد (جدول ۶). افزایش تعداد برگ در مترمربع در تراکم‌های بالا می‌تواند به‌دلیل ارتفاع زیاد گیاه باشد، زیرا با افزایش ارتفاع بوته طبیعتاً تعداد برگ بیشتری تولید می‌شود. این موضوع در آزمایش حاضر در خصوص گوار به وضوح قابل مشاهده بود، به‌نحوی‌که دربوته‌های گوار شاخه دهی و نیز ظهور برگ‌ها از گره‌های پایینی ساقه نزدیک به سطح خاک آغاز می‌شود و تقریباً تا انتهای ساقه ادامه دارد. همچنین تعداد بوته در واحد سطح نیز در اثر افزایش تراکم کاشت، افزایش یافت و در نتیجه تعداد برگ‌های بیشتری در واحد سطح مشاهده شد. نتایج‌به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر با بررسی‌های مطالعه دیگر همخوانی داشت (Nandini *et al*., 2017). همچنین محققان دیگری اظهار داشتند که غلظت زیاد اسید هیومیک در مراحل ابتدایی رشد گیاه می‌تواند تأثیر به سزایی در افزایش تعداد برگ گیاه داشته باشد و افزایش تعداد برگ در مراحل ابتدایی رشد و نمو گیاه، احتمالاً به دلیل

گسترش سریع سیستم ریشه‌ای گیاه در غلظت‌های زیاد هیومیک‌اسید است که این خود منجر به افزایش جذب بیشتر عناصر غذایی، رشد بهتر و به دنبال آن افزایش تعداد برگ می‌شود (Shahsavan Markadeh & Chamani, 2014).

تعداد غلاف در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس گویای آن است که اثر اصلی و متقابل دو فاکتور بر تعداد غلاف در مترمربع معنی‌دار (در سطح یک‌درصد) بود (جدول ۷). برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که تعداد غلاف در مترمربع در همه سطوح کودی تفاوت معنی داری (در سطح یک‌درصد) داشت (جدول ۸). مقادیر مجموع مربعات در جدول مذکور نشان داد که اختلاف بین سطوح کود در تراکم ۳۵بوته در مترمربع با وجود معنی‌داربودن، کمتر از سایر تراکم‌ها بود، به‌نحوی‌که در تراکم‌های بالای کاشت روند صعودی در تعداد غلاف نیز مشاهده شد. افزایش تراکم تا حد مطلوب سبب افزایش غلاف در واحد سطح گردید، اما بیشتر از حد مطلوب روند نزولی را نشان داد (شکل ۲). همچنین با افزایش سطوح کودی تعداد غلاف در واحد سطح نیز افزایش یافت، به‌نحوی‌که بیشترین تعداد غلاف در سطح ۱۵کیلوگرم در هکتار هیومیک‌اسید و در تراکم ۷۵بوته در مترمربع به‌دست آمد (۳۷۸۵/۶۳غلاف) که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت، درصورتی‌که کمترین تعداد غلاف از تراکم ۳۵بوته در مترمربع و عدم مصرف هیومیک‌اسید به‌دست آمد (۱۳۶۷/۳۳ غلاف). به نظر می‌رسد که روند صعودی غلاف در واحد سطح با افزایش تراکم‌بوته در واحد سطح می‌تواند به دلیل افزایش تعدادبوته در مترمربع باشد.

جدول۷- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر اجزای عملکرد گوار

Table 7. Analysis of variance of experimental factors effect on yield components of guar

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Squares		
		دانه در مترمربع Grain per m^2	تعداد دانه در غلاف Grain number in pod	غلاف در مترمربع Pods per m^2
Replication تکرار	2	10310570.6	0.127	157051.27
Humic Acid (HA) هیومیک‌اسید	3	67541156.8**	0.319ns	1290585.88**
Error (a) اشتباه اصلی	6	6104001	0.281	69979.20
Density (D) تراکم	3	496550611**	0.278ns	10120674.61**
HA×D هیومیک‌اسید×تراکم	9	9607546ns	0.255ns	189543.94**
Error (b) اشتباه فرعی	24	5550485	0.169	62762.05
C.V (%) ضریب تغییرات	-	13.87	5.77	10.41

ns، * و **: به ترتیب بیانگر غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵درصد و ۱درصد

ns, * and **: Indicating non-significant and significant at 5% and 1% level, respectively

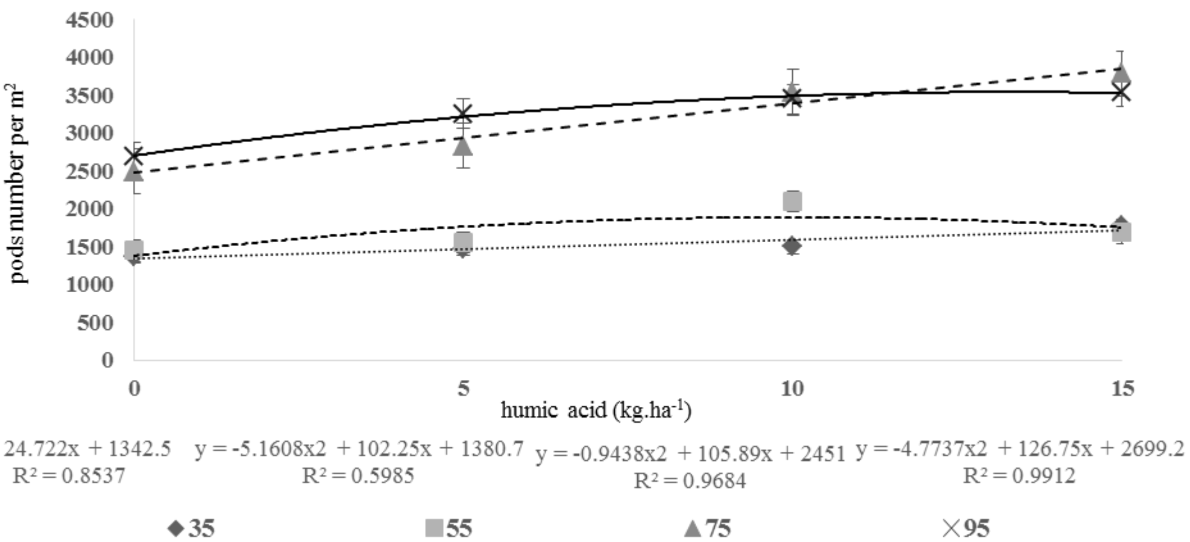
جدول۸- برش‌دهی اثر متقابل اسید هیومیک و تراکم‌بوته بر تعداد غلاف درمترمربع، عملکرد و ماده خشک

Table 8. Slicing of interaction effect of plant density×humic acid on pods number per m^2, yield and dry matter

اسید هیومیک (کیلوگرم در هکتار) Humic acid ($Kg.ha^{-1}$)	درجه آزادی DF	مجموع مربعات Sum of Squares		
		غلاف درمترمربع Pods per m^2	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($Ka.ha^{-1}$)	ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter ($Ka.ha^{-1}$)
0	3	4244449**	3349506**	61230780**
5	3	7287969**	5370515**	81072529**
10	3	9204848**	5264795**	111592708**
15	3	11330653**	7249174**	239811006**

**:بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۱درصد

**: Indicting significant difference at 1% level



شکل۲- اثر متقابل سطوح هیومیک‌اسید و تراکم‌بوته بر تعداد غلاف در مترمربع

Fig. 2. Interaction effect of humic acid levels and plant density on pods number per m^2

تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر عوامل آزمایشی بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نبود (جدول ۷). به نظر می‌رسد که تراکم اثر خود را روی عملکرد دانه از طریق افزایش و یا کاهش تعداد غلاف دربوته بر جای گذاشت و تأثیر معنی‌داری روی تعداد دانه در هر غلاف نداشت. گزارش شده است که تعداد دانه در غلاف بیشتر تابع عوامل ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل زراعی و محیطی قرار می‌گیرد (Saxena, 1984). نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش با محققان دیگر همخوانی داشت (Eilkaee & Emam, 2003).

تعداد دانه در مترمربع

مطابق نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه در مترمربع معنی‌دار (در سطح یک‌درصد) شد (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن است که با افزایش تعداد دانه در مترمربع تا تراکم ۷۵بوته در مترمربع، روند صعودی دیده شد، ولی بعد از آن در تراکم ۹۵بوته در مترمربع کمی کاهش یافت که البته اختلاف معنی‌داری نیز با هم نداشتند، اما با سایر سطوح کودی اختلاف معنی‌داری را نشان داد؛ به‌گونه‌ای‌که بیشترین تعداد دانه در مترمربع با میانگین ۲۲۹۲۴ از تراکم ۷۵بوته در مترمربع به دست آمد. همچنین در این آزمایش مشاهده شد که هر چه سطوح هیومیک‌اسید مصرفی افزایش یافت، بر تعداد دانه در واحد سطح افزوده گردید. سطح ۱۵کیلوگرم در هکتار بالاترین تعداد دانه در واحد سطح را به میزان ۱۹۰۴۴ داشت که مصرف این مقدار هیومیک‌اسید در مقایسه با عدم مصرف آن ۱۳/۵۹درصد افزایش تولید را دارا بود (جدول ۶). بالابودن این صفت، با بالابودن تعداد غلاف در مترمربع نیز ارتباط دارد. در نتیجه توجیهی که برای این مورد می‌توان آورد این است که احتمالاً با افزایش تراکم در واحد سطح به سبب ایجاد رقابت گیاهی، تعداد دانه در هربوته نیز کاهش پیدا کرد، ولی به دلیل افزایش تعدادبوته در واحد سطح، تعداد دانه نیز افزایش یافت. از طرف دیگر مصرف هیومیک‌اسید به دلیل تأمین مواد غذایی گیاه از طریق افزایش جذب عناصر غذایی می‌تواند دلیل بر بالارفتن تعداد دانه باشد.

عملکرد دانه

نتایج آزمایش در ارزیابی عملکرد دانه نشان داد که اثر اصلی و متقابل دو فاکتور بر این صفت معنی‌دار (در سطح یک‌درصد) بود (جدول ۹). برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که اثر تراکم‌بوته بر عملکرد دانه در همه سطوح کودی تفاوت معنی‌داری (در سطح یک‌درصد) داشت (جدول ۸). نمودار اثر متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۴۲۰۹/۷کیلوگرم در هکتار) در سطح ۱۵کیلوگرم هیومیک‌اسید و در تراکم ۹۵بوته در مترمربع به‌دست آمد. علاوه بر آن مشخص گردید که در تراکم ۹۵بوته در مترمربع واکنش عملکرد دانه به مصرف هیومیک‌اسید از معادله درجه۲ تبعیت کرد، درحالی‌که در سایر تراکم‌ها این واکنش به صورت خطی مشاهده گردید (شکل ۳). با بررسی جدول مقایسه میانگین ترکیب تیمارها (جدول ۱۰) این موضوع تأیید می‌شود، به‌گونه‌ای‌که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۴۲۰۹/۷کیلوگرم در هکتار از مصرف ۱۵کیلوگرم در هکتار هیومیک‌اسید با تراکم ۹۵بوته در مترمربع (H3D4) به

دست آمد. به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد دانه در تراکم های بالا می‌تواند با استفاده بیشتر نور و سایر منابع قابل دسترس در طی فصل رشد ارتباط داشته باشد، به‌گونه‌ای‌که در آزمایشی بر روی نخود نشان داده شد که استفاده از تراکم‌های بالا در مقایسه با تراکم‌های پایین (ردیف‌های کاشت ۳۰سانتی‌متری نسبت به ردیف‌های کاشت ۷۰سانتی‌متری)، عملکرد دانه را در واحد سطح به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Khan *et al.*, 2001).

همچنین می‌توان بیان کرد که افزایش عملکرد دانه به افزایش تعداد گیاه در واحد سطح مربوط می‌شود، بدین معنی که در تراکم‌های پایین‌تر، اگرچه تعداد غلاف و تعداد دانه در گیاه نسبت به تراکم‌های بالاتر افزایش می‌یابد، اما این افزایش نمی‌تواند جبران تعداد بوته در واحد سطح را بنماید، به‌نحوی‌که در تراکم‌های بالاتر، اگرچه تعداد غلاف و دانه در بوته کمتر است، اما به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح، در نهایت عملکرد بیشتری تولید خواهد شد؛ به‌طوری‌که برخی محققان ارتباط مثبت بین تراکم کاشت و عملکرد دانه را گزارش نموده و بیان کردند که افزایش عملکرد دانه در تراکم‌های بالاتر می تواند به دلیل تعداد بیشتر بوته در واحد سطح باشد (Regan *et al.*, 2003). در این خصوص، آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، به‌دلیل سایه‌اندازی و کاهش تعداد شاخه‌های فرعی، توانایی گیاه در انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن کاهش می‌یابد و درنتیجه، از عملکرد تک‌بوته کاسته می‌شود و در مقابل، به عملکرد کل به دلیل تعداد بوته در واحد سطح افزوده می‌شود (Majnoon Hosseini *et al.*, 2003). در مطالعه دیگری بیان شد که افزایش عملکرد دانه، به افزایش تعداد گیاه در واحد سطح مربوط می‌شود (Lopez Bellido *et al.*, 2005). علاوه بر این در آزمایشی که بر روی لوبیاسفید انجام شد، گزارش شد که در اثر افزایش تراکم بوته عملکرد دانه در هر بوته کاهش یافت، درصورتی‌که در واحد سطح افزایش می‌یابد (Khajuee Nejhad *et al.*, 1994). همچنین در ارتباط با کاربرد هیومیک‌اسید مشاهده شد که اضافه‌کردن ۵کیلوگرم در هکتار هیومیک‌اسید عملکرد دانه را ۲۵درصد نسبت به شاهد افزایش داد (Sharif, 2002). این اثرات سودمند هیومیک‌اسید از طریق کلات‌کنندگی عناصر غذایی و اثر بر خصوصیات بیولوژیکی و فیزیولوژیکی خاک بوده است، به‌نحوی‌که هیومیک‌اسید، نفوذپذیری غشاهای سلولی را افزایش داده و بدین طریق ورود پتاسیم را به داخل گیاه تسهیل می‌کند که نتیجه آن، افزایش فشار داخل سلولی و تقسیم سلول است. از طرف دیگر، افزایش انرژی در داخل سلول منجر به تولید کلروفیل و میزان فتوسنتز خواهد شد که به دنبال آن یک عامل مهم در رشد یعنی جذب نیتروژن به درون سلول تشدید می‌گردد و تولید نیترات کاهش می‌یابد که در نهایت این اثرات منجر به افزایش تولید می‌شود (Giasuddin *et al.*, 2007). نتایج این بررسی با آزمایش‌های حاضر در مورد هیومیک‌اسید و تراکم کاشت مطابقت داشت.

عملکرد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که اثر اصلی و متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر عملکرد ماده خشک معنی دار (در سطح یک‌درصد) بود (جدول ۹). برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که اثر تراکم بوته بر عملکرد ماده خشک در همه سطوح کودی تفاوت معنی‌داری (در سطح یک‌درصد) داشت (جدول ۸). مقادیر مجموع مربعات در جدول مذکور نشان داد که اختلاف بین سطوح کود در تراکم ۳۵بوته در مترمربع باوجود معنی‌داربودن، کمتر از سایر تراکم‌ها بود. با بررسی نمودار اثر متقابل (شکل ۴) نیز این موضوع تأیید می‌شود.

علاوه بر آن مشخص گردید که در تراکم ۹۵بوته در مترمربع واکنش تولید ماده خشک به مصرف هیومیک‌اسید از معادله درجه۲ تبعیت کرد، درحالی‌که در سایر تراکم‌ها این واکنش به‌صورت خطی مشاهده گردید. درمورد کاربرد هیومیک‌اسید و تراکم کاشت مناسب با توجه به نتایج جدول مقایسه میانگین ترکیبات تیماری (جدول ۱۰) می‌توان بیان کرد که کمترین و بیشترین ماده خشک با میانگین ۴۸۱۲/۶ و ۱۷۹۵۵/۶کیلوگرم در هکتار به ترتیب متعلق به صفر هیومیک‌اسید با تراکم ۳۵بوته در مترمربع (H_0D_1) و مصرف ۱۵کیلوگرم هیومیک‌اسید با تراکم ۹۵بوته در مترمربع (H_3D_4) بوده است.

در ارتباط با افزایش عملکرد ماده خشک در خصوص تراکم می‌توان بیان کرد که با افزایش تراکم بوته به سبب ایجاد رقابت گیاهی، مقدار ماده خشک هر بوته نیز کاهش پیدا می کند، ولی به دلیل افزایش بوته در واحد سطح، مقدار ماده خشک کل نیز افزایش می‌یابد. در این خصوص برخی محققان اظهار داشتند که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، عملکرد بیولوژیکی تک‌بوته کاهش یافت، ولی عملکرد بیولوژیکی در هکتار نیز افزایش پیدا کرد (Lio *et al.*, 2004). همچنین اسید هیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و به‌دنبال آن عملکرد بیولوژیک می‌شود (Ayas & Gulser, 2005). آزمایش مشابهی با پژوهش حاضر نیز انجام شد و مشاهده گردید که بالاترین عملکرد بیولوژیک در بیشترین سطح اسید هیومیک حاصل شد (Ghorbani *et al.*, 2010).

شاخص برداشت

تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی و متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر صفت شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۱۰). در آزمایشی با بررسی اثر تاریخ و تراکم کشت بر لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis* L.) گزارش شد که اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر صفت شاخص برداشت معنی‌دار نشد (Moshatati *et al.*, 2010). همچنین Ghorbani *et al*, (2010) در بررسی اثر کاربرد هیومیک‌اسید در آب آبیاری روی ذرت به این نتیجه رسیدند که اثر مصرف هیومیک‌اسید بر شاخص برداشت ذرت معنی‌دار نبود.

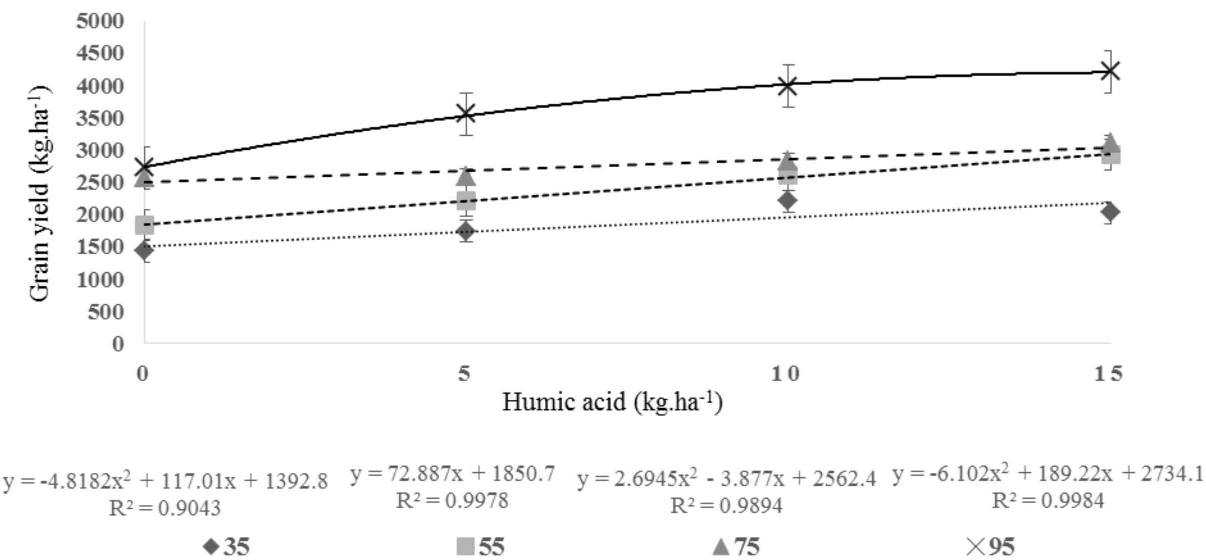
جدول۹- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر عملکرد گوار

Table 9. Analysis of variance of experimental factors effect on yield of guar

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean Squares		
		عملکرد دانه Grain yield	ماده خشک Dry matter	شاخص برداشت Harvest index
Replication تکرار	2	322805.83	499065.08	5.79
Humic Acid (HA) هیومیک‌اسید	3	2041171.66**	15374910.30**	8.72ns
Error (a) اشتباه اصلی	6	87723.63	1110462.2	17.78
Density (D) تراکم	3	6637649.13**	149647210.9**	30.18ns
HA×D هیومیک‌اسید×تراکم	9	146782.51*	4973932.3**	22.98ns
Error (b) اشتباه فرعی	24	61752.73	574766.3	11.95
C.V (%) ضریب تغییرات	-	9.34	8.30	13.13

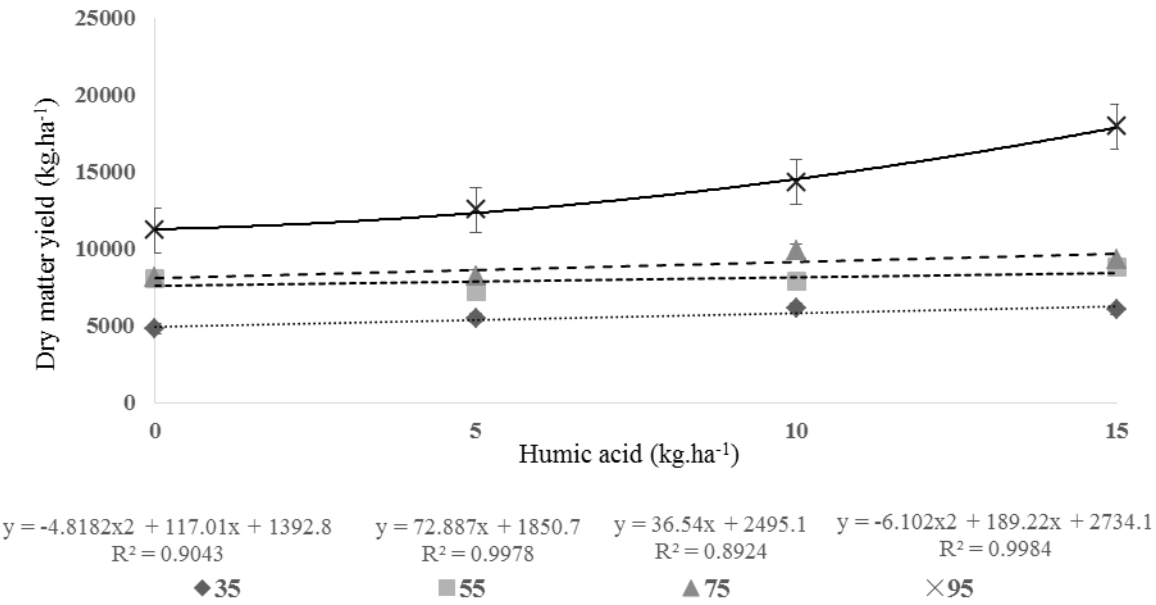
ns، * و **: به ترتیب بیانگر غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵درصد و ۱درصد

ns, * and **: Indicating non-significant and significant at 5% and 1% level, respectively



شکل۳- اثر متقابل سطوح هیومیک‌اسید و تراکم بوته بر عملکرد دانه

Fig. 3. Interaction effect of humic acid levels and plant density on grain yield



شکل۴- اثر متقابل سطوح هیومیک‌اسید و تراکم بوته بر عملکرد ماده خشک

Fig. 4. Interaction effect of humic acid levels and plant density on dry matter yield

جدول۸- مقایسه میانگین عملکرد گوار تحت تأثیر ترکیبات تیماری هیومیک‌اسید و تراکم‌بوته

Table 8. Mean comparison of yield of guar under humic acid and plant density treatment

ترکیب تیماری Treatments	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($Kg.ha^{-1}$)	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield ($Kg.ha^{-1}$)
H_0D_1	1433.2^{g}	4812.6^{i}
H_1D_1	1736.3^{fg}	5491.2^{i}
H_2D_1	2202.2^{ef}	6149.9^{hi}
H_3D_1	2023.5^{f}	6024.4^{hi}
H_0D_2	1841.7^{fg}	8093.7^{fg}
H_1D_2	2213.0^{ef}	7224.9^{gh}
H_2D_2	2610.9^{de}	7857.4^{fg}
H_3D_2	2923.9^{cd}	8801.9^{ef}
H_0D_3	2572.4^{de}	8110.1^{fg}
H_1D_3	2580.6^{de}	8226.6^{fg}
H_2D_3	2822.9^{cd}	9883.3^{de}
H_3D_3	3100.6^{c}	9301.0^{ef}
H_0D_4	2724.0^{cd}	11200.2^{cd}
H_1D_4	3558.3^{b}	12541.9^{c}
H_2D_4	3985.6^{ab}	14310.4^{b}
H_3D_4	4209.7^{a}	17955.6^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال خطای پنج‌درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

D_1، D_2، D_3 و D_4: تراکم‌های ۳۵، ۵۵، ۷۵ و ۹۵بوته در متر مربع

H_0، H_1، H_2 و H_3: مقادیر هیومیک‌اسید صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵کیلوگرم در هکتار

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan Test.

D_1, D_2, D_3 and D_4: 35, 55, 75 and 95 plant/m^2

H_0, H_1, H_2 and H_3: 0, 5 10 and 15 Kg/ha

نتیجه‌گیری

با افزایش تراکم بوته در واحد سطح و همچنین با مصرف هیومیک‌اسید تا ۱۵کیلوگرم در هکتار، صفاتی از قبیل عملکرد دانه و ماده خشک، تعداد برگ در مترمربع، دانه در مترمربع و ارتفاع بوته افزایش یافت، درصورتی‌که در تراکم‌های بالا به‌دلیل رقابت بین گیاهان و همچنین کافی‌نبودن فضا برای رشد از تعداد شاخه‌های گیاه کاسته شد. همچنین مشاهده گردید که فاکتورهای آزمایشی تأثیری روی شاخص برداشت و تعداد دانه

در غلاف نداشتند. بنابراین با توجه به نتایج، تراکم مناسب برای حصول حداکثر عملکرد دانه و ماده خشک در گوار ۹۵بوته در مترمربع بود. همچنین نتایج‌به‌دست‌آمده در این آزمایش حاکی از آن است که محلول هیومیک‌اسید تأثیر مثبتی بر گیاه می گذارد، بنابراین با به‌کاربردن هیومیک‌اسید انتظار می‌رود که بالاترین میزان عملکرد دانه، ماده خشک و صفات مورفولوژیک تولید شود. به‌طورکلی، می‌توان چنین بیان کرد که تراکم ۹۵بوته در مترمربع و مصرف ۱۵کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید همراه با آب آبیاری می‌تواند سبب افزایش عملکرد دانه شود.

منابع

1. Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., and Idowu, O.J. 2004. Application of organic and inganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163-1181.
2. Akhtar, L.H., Bukhari, S., Salah-ud-Din, S., and Minhas, R. 2012. Response of new guar strains to various row spacing. Pakistan Journal of Agriculture Science 49(4): 469-471.
3. Al-Ramamneh, E. 2009. Plant growth strategies of *Thymus vulgaris* L. in response to population density. Industrial Crops and Products 30(3): 389-394.
4. Amiri, M. 2015. Effect of Humic Acid Potassium and Seaweed Extract (kclp) on Growth and Yield of Corn (*Zea mays* L. var. sacchrata). MSc. Thesis. Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan.
5. Armin, M., and Moslehi, J. 2012. Yield and yield components response of chickpea to time and different levels of humic acid foliar application. Agronomy Journal 8(4): 1-9. (In Persian).
6. Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences 5(6): 801-804.
7. Dandge, M.S., Peshattiwar, P.P., Ingle., Y.V., and Mohod, P.V. 216. Effect of different application method of humic acid on nodulation and seed yield of soybean. International Journal of Agriculture Sciences 12(2): 339-343.
8. Eilkaee, M.N., and Emam, Y. 2003. Effect of plant density on yield and yield components in two winter oilseed Rape (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Agricultural Science 34(3): 509-515. (In Persian).
9. Farjami, A.A., and Nabavi Kalat, S.M. 2014. Effect of humic acid and phosphorus on the quantity and quality of Marigold (*Calendula officinalis* L.) yield. Scientific Journal of Ecophysiology of Crop Plants 4(28): 443-452. (In Persian).
10. Ghorbani, S., Khazaei, H.R., Kafi, M., and Bannayan-Aval, M. 2010. The effect of humic acid in irrigation water application on yield and yield components maize (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology 2(1): 111-118. (In Persian).
11. Ghulam Nabi, A. 2013. Cluster Bean (Guar) in Pakistan. Agronomy Center Pivot Irrigation System Valley Irrigation Pakistan (private) Limited.
12. Giasuddin, A.B.M., Kanel, S., and Choi, H. 2007. Adsorption of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. Environment Science Technology 41(6): 2022-2027.
13. Gresta, F., Sortino, O., Santonoceto, C., Issi, L., Santonoceto, C., and Santonoceto, Y.M. 2013. Effects of sowing times on seed yield, protein and galactomannans content of four varieties of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in a Mediterranean environment. Industrial Crops and Products 41: 46-52.
14. Jagtap, D.N., Waghule, L.D., and Bhale, V.M. 2011. Effect of sowing time, row spacing and seed rate on production potential of cluster bean. Advnace Research Journal of Crop Improvement 2(1): 27-30.
15. Jahan, M., Sohrabi, R., Doayee, F., and Amiri, M.B. 2014. Effect of super absorbent water application in soil and humic acid foliar application on some agroecological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mashhad (Iran). Journal Agriculture 3(2): 71-90. (In Persian with English Summary).
16. Jamali, S.Z., Astaraei, A., and Emami, H. 2015. Effects of humic acid, compost and phosphorus on growth characteristics of basil herb and concentration of micro elements in plant and soil. Ejgcst 6(2): 187-205. (In Persian).
17. Khajuee Nejhad, G., Rezai, A., and Mousavi, S.F. 1994. Effect of different irrigation regimes and plantdensity on yield and other characteristics of white bean (line no. 11805). Iranian Journal of Field Crop Science 25(3): 1-15. (In Persian).
18. Khan, R.U., Ahad, A., Rashid, A., and Khan, A. 2001. Chickpea production as influenced by row spacing under rain fed conditions of Dera Ismail Khan. Journal of Biological Science 1(3): 103-104.

19. Lio, W., Tollenaar, M., Stewart, G., and Deen, w. 2004. Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence. Crop Science 44(3): 847-854.
20. Lopez Bellido, F.J., Lopez Belido, L., and Lopez Belido, R.J. 2005. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Europe Journal Agronomy 23: 359-378.
21. Majnoon Hosseini, N., Mohammadi, H., Poustini, K., and Zeinaly Khanghah, H. 2003. Effect of plant density on agronomic characteristics, chlorophyll content and stem remobilization percentage in chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Agricultural Science 34(4): 1011-1019. (In Persian with English Summary).
22. Majnoun Hosseini, N., Malek Maleki, F., and Alizade, H. 2011. Effect of plant density on seed yield and yield components of two lentil cultivars (*Lens culinaris* Medik.). Iranian Journal of Field Crop Science 42(1): 33-40. (In Persian).
23. Moradi Telavat, M.R., and Siadat, S.A. 2012. Introduction and Production of Oil Seed Crops. Publishers Training and Agricultural Promotion. (In Persian).
24. Moshatati, A., Moussawi, S.H., Siadat, S.A., and Fathi. G.h. 2010. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of cow pea (*Vigna sinensis* L.) in Ahwaz. Electronic Journal of Crop Production 3(3): 229-238. (In Persian with English Summary).
25. Nandini, K.M., Sridhara, S., Patil, S., and Kumar, K. 2017. Effect of planting density and different genotypes on growth, yield and quality of Guar. International Journal of Pure & Applied Bioscience 5(1): 320-328.
26. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic Substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.
27. Ouda, B.A., and Mahadeen, A.Y. 2008. Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). International Journal Agriculture 10: 627-632.
28. Pitia Lokose, R.Y. 2011. Effect of phosphorus fertilization on yield and yield components of three lines of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). B.SC (Agriculture). Upper Nile University. p. 2.
29. Rahi, A.R., Davoudi Fard, M., Azizi, F., and Habibi, D. 2012. Effects of different amounts of humic acid and response curves in the *Dactylis glomerata*. Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(3): 15-28. (In Persian).
30. Regan, K.L., Siddique, K.H., and Martin, L.D. 2003. Response of Kabuli chickpea to sowing rate in Mediterranean type environments of south-western Australian. Journal of Experimental Agriculture 43: 87-97.
31. Samavat, S., and Malakouti, M.J. 2005. The need to use organic acids (humic and fulvic) to increase the quantity and quality of agricultural products. Technical Publication No. 463. Senate Publications. Tehran. Iran. (In Persian).
32. Saxena, N.P. 1984. Chickpea. pp. 419-452. In: P.R. Goldsworthy and N.M. Fisher (Eds). Physiology of Tropical Field Crop. John Wiley and Sons, New York.
33. Shahsavan Markadeh, M., and Chamani, E. 2014. Effects of various concentrations and time of humic acid application on quantitative and qualitative characteristics of cut stock flower (*Matthiola incana* ‘Hanza’). Journal of Science and Technology of Greenhouse Cultures 5(3): 157-171. (In Persian).
34. Sharif, M. 2002. Effect of Lignitic Coal Derived Humic Acid on Growth Yield of Wheat and Maize in Alkaline Soil. NWFP Agriculture University, Peshawar.
35. Shojaee Ghadicollaei, M., Daneshian, J., Mobaser, H.R., and Nasiri, M. 2011. Affects different levels of nitrogen and plant density in canola (*Brassica napus* L.) yield in paddy field. Iranian Journal of Field Crop Science 6(4): 37-47. (In Persian).
36. Singh, S. 2014. An Analysis of Guar Crop in India. Gain Report Number: IN4035.
37. Soleymani, S. 2014. Evaluation of echo-physiologic and agronomic aspects of maize (*Zea mays* L.) and guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) intercropping under different levels of manure. MSc. Thesis. University of Zabol. (In Persian with English Summary).
38. Tadayyon, A., and Beheshti, S. 2016. Effect of foliar application of humic acid, Iron and Zinc on some characteristics of Negro (*Guizotia abyssinica* L.). Journal of Crop Ecophysiology 10(2): 283-396. (In Persian with English Summary).
39. Torabi Jafroudi, A., Hasanzadeh, A., and Fayaz Moghaddam, A. 2007. Effects of plant population on some of morph physiological characteristics of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Pajouhsh and Sazandegi 74: 63-71. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 2, 2019, p. 104-118 (Research Article)

The reaction of vegetative and reproductive growth of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to humic acid application with irrigation water in different planting densities

Ahmadi Nouraldinvand[1*], F., Moradi Telavat[2], M.R., Siadat[2], S.A. & Moshatati[2], A.

1. MSc., Student of Agronomy, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
2. Associate Professor, Professor & Assistant Professor (respectively), Department of Plant Production and Genetic Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, moraditelavat@yahoo.com; seyedatasiadat@yahoo.com; alimoshatati@gmail.com, respectively

Received: 26 December 2017
Accepted: 27 April 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v10i2.69397

Introduction

Guar or cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) is a drought-tolerant annual leguminous crop grown mostly in India and Pakistan. Each pod contains 5 to 12 seeds. Seeds vary from dull-white to pink to light gray or black. Like other legumes guar is an excellent soil-building crop with respect to available nitrogen. Guar is one of the unique beans which its large spherical endosperm contains a significant amount of galactomannans that is used in a wide range of food and industrial applications. Organic fertilizers have a positive effect on agricultural sustainability due to the fact that authentic and safe products are important. One of the most important compounds in soil structure is humic acid, which results from organic matter decomposition in the soil. Humic acid is one of the most organic substances that has been used today due to its advantages, such as improving drainage and soil air, causing the development of microorganisms, increasing plant yield and growth, and also reducing the consumption of other fertilizers. In general, humic substances are used as soil modifiers. One of the important factors in plant cultivation is to determine the most suitable planting density. Plant density is an important agronomic factor that manipulates micro environment of the field and affects growth, development and yield formation of crops. The optimum planting density of the plants results in a balance in the competition between the plants and the maximum yield. So, this research focuses on the reaction of vegetative and reproductive growth of guar (cluster bean) to humic acid application with irrigation water in different planting densities in Ahvaz region.

Materials & Methods

In order to evaluate the response of vegetative and reproductive growth of guar or Cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to the humic acid application with irrigation water in different planting densities, an experiment carried out in summer of 2016. This experiment was performed by split plot design with three replications based on randomized complete block design in research farm of Agriculture Sciences and Natural Resources University, Khuzestan Ahwaz. The experimental factors were four levels of humic acid, control (H_0), 5 $Kg.ha^{-1}$ (H_1), 10 $Kg.ha^{-1}$ (H_2) and 15 $Kg.ha^{-1}$ (H_3) as the main factor in main plots and plants spacing on the planting row with four densities, 35 $plant.m^{-2}$ (D_1), 55 $plant.m^{-2}$ (D_2), 75 $plant.m^{-2}$ (D_3) and 95 $plant.m^{-2}$ (D_4) as sub factor in sub plots. In this experiment, measured traits were plant height, number of branches in the plant, leaf number, grain yield, dry matter, number of pod and number of grain/m^2, number of grain in pod and harvest index. Data were analyzed by SAS 9.4 and mean comparison performed by Duncan test in 5% probability level.

Results & Discussion

Analysis of variance of data results showed that the main effect of humic acid and plant density were significant at $p \leq 0.01$, for all the measured traits (except the number of grains in pod and harvest index). So that as humic acid level increased, the traits increased. Also with increasing in plant density; all studied traits increased significantly except the number of branches of the plant. The interaction effect between humic acid

*** Corresponding Author:** farnaz_ahmadi@rocketmail.com

and plant density were significant ($p \leq 0.01$) on grain yield, dry matter, plant height and the number of plant.m^{-2}. The results also showed that the effect of humic acid and plant density on leaf number was significant at 1% level. So that, the highest plant height and leaf number per m^2 were obtained from density of 95 plants.m^{-1} and 15 Kg.ha^{-1} humic acid application. So, with increasing plant density, leaf number increased. Generally, the highest grain yield (4209.7 Kg.ha^{-1}) and dry matter (17955.6 Kg.ha^{-1}) was under 15 Kg.ha^{-1} application of humic acid and the density of 95 plant.m^{-2} and the lowest grain yield (1433.2 Kg.ha^{-1}) and dry matter (4812.6 Kg.ha^{-1}) was under zero humic acid level and density of 35 plant.m^{-2}.

Conclusion

Generally, the results showed that humic acid solution has a positive effect on the plant, therefore, using humic acid, produced highest grain yield, dry matter and morphological traits. Also, with increasing plant density, traits such as plant height, leaf number, yield and yield components increased but the number of branches decreased. In general, 15 Kg.ha^{-1} application of humic acid and the density of 95 plants.m^{-2} produced the highest yield.

Keywords: Dry matter, Grain yield, Morphology, Organic fertilizer, Plant height